

17. Суярко В.Г. Геохимические особенности и поисковые критерии ртутных месторождений Донбасса [Текст] / В.Г.Суярко // Геол. Журнал, 1981. – Т. 41, №2. – С.147–149.
18. Суярко В.Г. О возрасте ртутного оруденения Никитовского рудного поля [Текст] / В.Г. Суярко, М.А. Клитченко // Условия локализации сурмяно–ртутного и флюоритового оруденения в рудных полях. – Новосибирск: Наука – 1991. – С. 72–74.
19. Суярко В.Г. До питання про можливі причини формування гідрокарбонатно–натрієвих вод у глибинних горизонтах палеозою [Текст] / В.Г. Суярко, О.М. Істомін // ДАН України, 2005. – № 2. – С. 114–116.
20. Суярко В.Г. Особливості формування газогеохімічної зональності у північно–західному Донбасі [Текст] / В.Г. Суярко, К.О. Безрук // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія». – № 736, 2006. – С. 67–72.
21. Суярко В.Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско–Донецкого авлакогена [Текст] / В.Г. Суярко. – Харьков: изд. ХНУ имени В.Н. Каразина, 2006. – 296 с.
22. Суярко В.Г. Структурно–геохімічні критерії прогнозування скупчень вуглеводнів (на прикладі Західно–Донецького грабену) [Текст] / В.Г. Суярко, В.М. Загнітко, Г.В. Лисиченко. – Київ: Салютіс, 2010. – 83 с.

УДК 504.556

В.В. Яковлєв, к. т. н.,
ТОВ Лабораторія якості води «ПЛАЯ»

ЗАКОНОМІРНІСТЬ ФОРМУВАННЯ СОЛЬОВОГО СКЛАДУ ПРИРОДНИХ ВОД ЗОНИ АКТИВНОГО ВОДООБМІНУ УКРАЇНИ

Запропоновано новий погляд на поняття «води зони активного водообміну» як на води, які стікають у світовий океан. Розглянута загальна закономірність формування сольового складу річкових і підземних прісних вод земної суші. Зіставлення з нормативами для питних вод дозволяє зробити висновок, що об'єктивно води зони активного водообміну – поверхневі і підземні є фізіологічно повноцінними за сольовим складом у діапазоні загальної мінералізації від 0,1 до 0,6 г/дм³. З урахуванням пристосованості живих істот до такої води нормування фізіологічної повноцінності води щодо мінімального вмісту біофільних мікроелементів доцільно робити з врахуванням їх вмісту в природних водах вказаної мінералізації. Показано, що закономірності формування сольового складу природних вод зони активного водообміну всієї земної суші і загалом території України подібні. На основі даних багаторічних гідрологічних спостережень розраховано, що середньозважений склад води зони активного водообміну України відповідає сульфатно–гідрокарбонатній зі змішаним катіонним складом прісної води з мінералізацією 0,45 г/дм³.

Ключові слова: іонний склад води, вода зони активного водообміну, формування складу води, нормативи якості питної води, річковий стік, підземний стік.

В.В. Яковлєв. ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА УКРАИНЫ. Предложен новый взгляд на понятие «воды зоны активного водообмена» как на воды стекающие с континентов в мировой океан. Рассмотрена общая закономерность формирования солевого состава речных и подземных пресных вод земной суши. Сопоставление с нормативами для питьевых вод свидетельствует, что объективно воды зоны активного водообмена – поверхностные и подземные являются физиологически полноценными в отношении их солевого состава в диапазоне общей минерализации от 0,1 до 0,6 г/дм³. С учетом приспособленности живых существ к такой воде нормирование нижней границы содержания биофильных микроэлементов в питьевой воде целесообразно определять с учетом их содержания в природных водах. Показано, что закономерности формирования солевого состава природных вод зоны активного водообмена всей земной суши и территории Украины подобны. На основе данных многолетних гидрологических наблюдений рассчитано, что средневзвешенный состав воды зоны активного водообмена Украины соответствует сульфатно-гидрокарбонатной со смешанным катионным составом пресной воде с минерализацией 0,45 г/дм³.

Ключевые слова: ионный состав воды, вода зоны активного водообмена, формирование состава воды, нормативы качества питьевой воды, речной сток, подземный сток.

Вступ. В останні десятиліття накопичені систематичні дані про сольовий склад природних вод, що дозволяє розглядати гідрохімічні закономірності не тільки у розрізі окремих регіонів, але і в цілому аналізувати дані по континентах і земній суші в цілому. Прісні природні води є найважливішим життєзабезпечуючим ресурсом людства, їх використання стикається з проблемою забруднення, постійно удосконалюються нормативи для питної води. Для України, де питання забезпечення питною водою і проблема забруднення води завжди були загострені у зв'язку з відносно малою забезпеченістю країни водними ресурсами і значним техногенним на-

вантаженням і тому актуальним є вивчення природних закономірностей формування складу природних вод і визначення факторів впливу на склад природних вод в умовах техногенезу. Дана наукова робота є теоретичним підґрунтям для вирішення задач нині діючої програми «Питна вода України» на період 2006–2020 роки, яка має статус Закону України, затвердженого від 3 березня 2005 року N 2455-IV.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Дослідження загальних закономірностей формування іонного складу води земної суші стали можливі тільки у 20-му столітті коли накопичився достатній матеріал гідрологічних і

гідрогеологічних вишукувань у різних частинах Світу. Континентальна гідросфера представляє собою арену, де відбувається трансформація води, що надходить з атмосфери і поверхневим, чи підземним шляхом стікає в світовий океан. Склад прісної води, найважливішого природного ресурсу людства, формується на цьому шляху в атмосфері, річках, озерах, болотах і у підземних резервуарах – поровому просторі гірських порід. Частину гідросфери, де циркулює прісна вода прийнято називати зоною активного водообміну. В той же час в земній літосфері існує значна частина води, яка рухається тільки у геологічному масштабі часу і у хімічному відношенні знаходиться у більшій чи меншій рівновазі з вміщуваними породами. З точки зору глобальної системи водообміну за класифікацією М.К. Ігнатовича це води «застійного режиму» [1] і вони порівняно обмежено використовуються людством як мінеральні води не питного призначення, як промислові води – для вилучення з них деяких розчинених компонентів – бром, йод, тощо, а також вимушено вилучаються при водовідливах з гірничих виробок, видобуванні вуглеводнів. Проміжною між «активною» і «застійною» є зона затрудненої циркуляції, яка відрізняється уповільненим водообміном за рахунок більш глибокого залягання, ніж перша зона. Цей підхід був загально прийнятим навіть у фундаментальних наукових роботах до кінця минулого століття, наприклад [2,3,4,5]. В останні роки вище згадані зони за гідродинамічною ознакою поділяють на зону орогідро-кліматичного впливу, зону перехідну і зону флюїдогеодинамічного впливу [6,7], що принципово не змінює місця і об'єму ресурсів води у виділених зонах, але в той же час, як і попередні категорії, нова схема не дає чіткого розділу у просторі цих трьох зон. І тому є об'єктивні причини. Між згаданими зонами різного темпу водообміну також відбувається водообмін і тому ці зони виділяються умовно. Кількісно їх зручно виділяти за ознакою мінералізації підземної води, що у практиці гідрогеоло-

гічних досліджень і слугує головним об'єктивним критерієм розмежування цих зон. В той же час, границі, виділені за ознакою мінералізації перетинають водоносні горизонти і при техногенному втручанні у підземну гідросферу можуть суттєво зміщуватися у просторі. Також місця «гідравлічних вікон», соляних діапирів, глибинних розломів і т.ін. часто є місцями змішування різних підземних вод і за ознакою мінералізації вони, наприклад, можуть відноситися до зони уповільненого режиму, а за інтенсивністю водообміну – до активної зони. Таким чином розмежування підземної гідросфери на зони різної інтенсивності водообміну до сьогоднішнього часу зостається доволі умовним, оскільки не дає чітких границь у просторі.

Мета роботи полягає у порівнянні іонного складу води, що стікає з континентів Світу і води, що стікає з території України - на основі глобального підходу до поняття «води зони активного водообміну суші» (ВЗАВС).

Задачами роботи є визначення діапазону мінералізації води зони активного водообміну Світу, який є найбільш придатним для питного водопостачання; визначення середньозваженого іонного складу води зони активного водообміну території України і порівняння цього складу зі складом води зони активного водообміну Світу.

Робота виконана шляхом аналізу літературних джерел і гідрохімічних розрахунків.

Склад води зони активного водообміну Світу. Автор пропонує визначити поняття ВЗАВС як води стікаючі з континентів у світовий океан, оскільки на теперішній час їх кількість і хімічний склад охарактеризовані не тільки у розрізі континентів, а і по окремих регіонах і басейнах стоку [8,9,10,11]. Фізично це води, які надходять у океани і моря підземним, річним і атмосферним стоками.

Сучасні дані про іонний склад річкових вод у розрізі континентів представлені у таблиці 1, а дані про склад води підземного стоку – у табл. 2.

Таблиця 1

Середній іонний склад річкових вод континентів за даними [12]

Континент	Вміст іонів, мг/дм ³								Сума іонів
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	
Азія	79	8,4	8,7	0,7	18,4	5,6	9,3	9,3	139,4
Африка	43	13,5	12,1	0,8	12,5	3,8	11	0	99,0
Північна Америка	68	20	8	1	21	5	9	1,4	133,4
Південна Америка	31	4,8	4,9	0,7	7,2	1,5	4	2	56,1
Європа	95	24	6,9	3,7	31,1	5,6	5,5	1,7	173,5
Австралія	31,6	2,6	10	0,05	3,9	2,7	2,9	1,4	55,2
Середнє: вся суша	58,4	11,2	7,8	1	15	4,1	6,3	2,3	109,4

Таблиця 2

Середній іонний склад підземних вод Світу, розрахований на основі даних [19,20], (мг/дм³)/% по масі від суми солей

Іони	Нормативи питних вод ДСанПіН 2.2.4-171-10, мг/дм ³	Мінералізація, г/дм ³												
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5*	2,0*	3,0*
HCO ₃	30-407**	54,4/54	124/62	156/52	168/42	185/37	195/33	213/30	228/29	243/27	260/26	338/23	380/19	435/15
SO ₄	≤250	9/9	32/16	57/19	70/17	88/18	99/17	130/19	160/20	189/21	215/21	300/20	340/17	345/12
Cl	≤250	9,9/10	2,0/1	15/5	50/13	67/13	87/15	116/17	144/18	171/19	205/20	375/25	600/30	1155/37
Ca	≤100	14/14	28/14	44/15	66/16	90/18	117/19	140/20	160/20	171/19	190/19	255/17	290/14	180/6
Mg	10-80	3,7/4	8,0/4	13/4	20/5	25/5	33/5	42/6	52/6	63/7	65/7	97/6	130/6	105/4
Na+K	≤200	9,0/9	6,0/3	15/5	26/7	45/9	69/11	59/8	60/7	63/7	65/7	135/9	280/14	780/26
<p>*Інтерполяція за даними про підземний іонний стік Австралії</p> <p>**За рекомендованою у ДСанПіН 2.2.4-171-10 величині лужності 0,5-6,5 ммоль/дм³</p> <p>Примітка: затоновані комірки – вмісти компонентів, що не відповідають нормативу для питних вод. До вмісту сульфатів і хлоридів застосований норматив про сумісне знаходження з не перевищенням вмісту 1 ГДК (250 мг/дм³). До вмісту кальцію і магнію застосована рекомендація до фізіологічної повноцінності води по мінеральному складу - жорсткість 1,5-7 ммоль/дм³</p>														

Таблиця 3

Порівняння середньозваженого іонного складу річкових і підземних вод тієї ж мінералізації, мг/дм³

Сфера	Мінералізація	HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na+K
Річкові води Світу	109,4	56,4	11,2	7,8	15,0	6,3	6,4
Підземні води Світу	110	61,8	11,3	9,1	15,4	4,1	8,7

Практично, підземний стік є частиною річкового стоку і це пояснює близький іонний склад цих вод (див. дані таблиць 1 і 2). Інтерполяція вмісту компонентів у підземній воді для середньозваженої мінералізації річкових вод Землі $109,4 \text{ мг/дм}^3$ (для зручності розрахунків – 110 мг/дм^3) дозволяє більш коректно співставити склад води обох глобальних водних сфер, що представлено у таблиці 3. З таблиці ми бачимо, що глобальний підземний і поверхневий стоки характеризуються дуже близьким іонним складом води. Окрім того факту, що підземні води входять до складу поверхневих, це означає, що природний процес зростання мінералізації води у обох сферах повинен бути схожим. Така закономірність трансформації води на континентах була виявлена М.В. Комаровою, О.І. Сурдутовичем [13], М.Г. Валяшко [14] і підтверджена В.М. Шестопаповим [15].

Аналіз даних в таблиці 2 і 3 і зіставлення з нормативами для питних вод дозволяють зробити висновок, що об'єктивно води зони активного водообміну – поверхнева і підземна є найбільш кондиційними питними водами щодо їх сольового складу у діапазоні загальної мінералізації від

100 до 600 мг/дм^3 . Само по собі це свідчить про пристосованість земних живих істот до води зони активного водообміну і зокрема вказує на доцільність вивчення вмісту і інших розчинених інгредієнтів (звичайно це мікроелементи, органічні речовини) у природних водах такого ж діапазону мінералізації з метою нормування у питній воді. Особливо це стосується визначення фізіологічної повноцінності води щодо вмісту біофільних мікроментів. На теперішній час таке нормування присутнє у ДержСанПіН 2.2.4-171-10 у виді рекомендації щодо фізіологічної повноцінності води по обмеженому переліку інгредієнтів і показників: фтор, йод, натрій, калій, кальцій, магній, сухий залишок, лужність, загальна жорсткість. Але, зважаючи на широкий перелік літофільних елементів, необхідних для живих організмів [16] цей список доцільно суттєво розширити, оскільки все більше у системах водопостачання застосовується водопідготовка, яка в тій чи іншій мірі змінює природний склад води [17,18].

Закономірність формування сольового складу ВЗАВС України в цілому

Дані про середню кількість солей, що ви-

Таблиця 4

Вміст макрокомпонентів і мінералізація води річок України по даним за багаторічний період спостережень [21]

Ріки і гідропости	Значення	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	Мінералізація
Дніпро	мг/дм^3							
Верхній Дніпро	min	94	19	9	31	4	1	127
Київське водосховище	max	198	29	17	50	13	22	374
Середній Дніпро	min	94	17	0	28	4	3	182
Кременчуцьке водох.	max	192	28	27	53	15	23	361
Нижній Дніпро	min	126	23	16	28	7	11	163
Каховське водосхов.	max	176	13,2	40,8	3,6	179	56	335
Дністер								
м. Галич	min	59,5	40,3	16,9	23,6	5,3	18,9	138,1
	max	236,5	174,4	226,3	103,3	40,8	172,3	783,3
м. Залещики	min	118,2	42	26,5	50,5	9,7	14	278,5
	max	268,8	157,6	164,8	113,3	34,9	98,6	799,3
м. Маяки	min	158,6	74,8	35,4	48,1	13,1	25,5	338,3
	max	262,8	115	60	56,9	23,4	61	596,2
Сіверський Донець								
м. Ізюм	min	225,7	161,6	88,9	67,7	15,9	61,4	593,1
	max	360,7	310,8	109,2	101,1	37,7	169,4	1023,9
м. Лисичанськ	min	194,5	184	195,8	124	27,37	103,3	915,4
	max	312,4	357	411,3	267,6	60,3	251,8	1469,8
Південний Буг								
м. Вінниця	min	199,7	17,3	13	51,8	10,8	6,4	327,9
	max	320	36,3	37,6	84,3	20,5	33,1	497,2
м. Александрівка	min	179,4	28,9	19,06	53,6	9,9	12,1	411,9
	max	394,4	60,1	66,3	130,1	30,4	67,4	701,2
м. Миколаїв	min	197,6	56,6	129,5	63,9	13,8	100	794,5
	max	335,5	420,4	1800,9	136,2	71,1	1220,5	4353,8

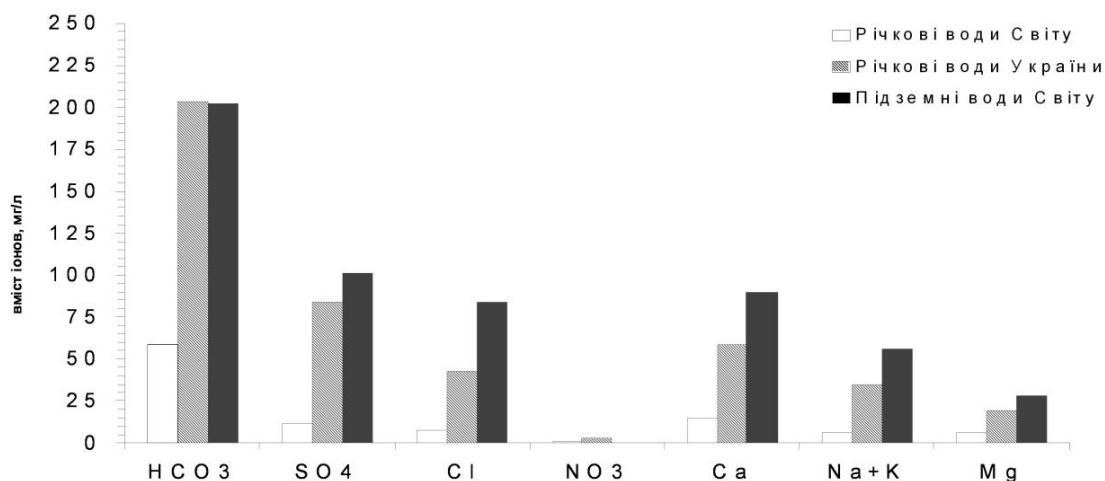


Рис. 1. Зіставлення середніх вмістів сольових інгредієнтів природних вод Світу і України

Середній за багаторіччя сольовий склад річкових вод України (на основі даних [21])

Ca	CaHCO ₃ 48%	HCO ₃
Mg	MgHCO ₃ 5%	SO ₄
	MgSO ₄ 21%	
Na+K	NaSO ₄ 7%	Cl
	NaCl 19%	

$$M_{0,45} \frac{HCO_3 53 \ SO_4 28 \ Cl \ 19}{Ca \ 48 \ Mg \ 26 \ Na+K \ 26}$$

Сольовий склад ВЗАВС з мінералізацією 0,45 г/дм³ для всієї Землі (дані М.Г. Валяшко [14])

Ca	CaHCO ₃ 48%	HCO ₃
Mg	MgHCO ₃ 2%	SO ₄
	MgSO ₄ 23%	
Na+K	NaSO ₄ 12%	Cl
	NaCl 15%	

$$M_{0,45} \frac{HCO_3 \ 50 \ SO_4 \ 35 \ Cl \ 15}{Ca \ 48 \ Mg \ 25 \ Na+K \ 27}$$

Рис. 2. Характеристика Пальмера для води зони активного водообміну Світу і України

носяться у моря річками України і величину середнього стоку річок України дозволяють визначити середньозважені мінералізацію і вміст окремих сольових компонентів у ВЗАВС. У таблиці 4 наведені дані про вміст сольових макрокомпонентів розчинених у воді річок України і про загальну мінералізацію цієї води згідно з даними за багаторічний період спостережень.

З використанням даних про середній багаторічний стік річок [21] розрахований середньозважений іонний склад річкової води України (мг/дм³):

HCO ₃ ⁻ - 203;	Ca ²⁺ - 60;
SO ₄ ²⁻ - 85;	Mg ²⁺ - 20;
Cl ⁻ - 40;	Na ⁺ +K ⁺ - 34;

Відповідно до вищенаведених даних формулу гіпотетичного середньозваженого сольо-

вого складу річкових вод України можна представити у %-мг-еквівалентній формі:

$$M_{0,45} \frac{HCO_3 53 \ SO_4 28 \ Cl \ 19}{Ca \ 48 \ Mg \ 26 \ Na+K \ 26}$$

Зіставлення середніх показників для води зони активного водообміну всього Світу і України (рис. 1) показує загальну пропорційність зміни вмісту сольових компонентів зі зміною загальної мінералізації як річкових вод України так і річкових і підземних вод Світу. Ще більш наглядно це видно при порівнянні гіпотетичного складу солей (характеристика Пальмера) для середньозважених складів річкової води України і всієї земної суші (для такої ж солесвісту - 0,45 г/дм³) – рис. 2, а також на діаграмах зміни іонного складу підземних вод світу і річок України у

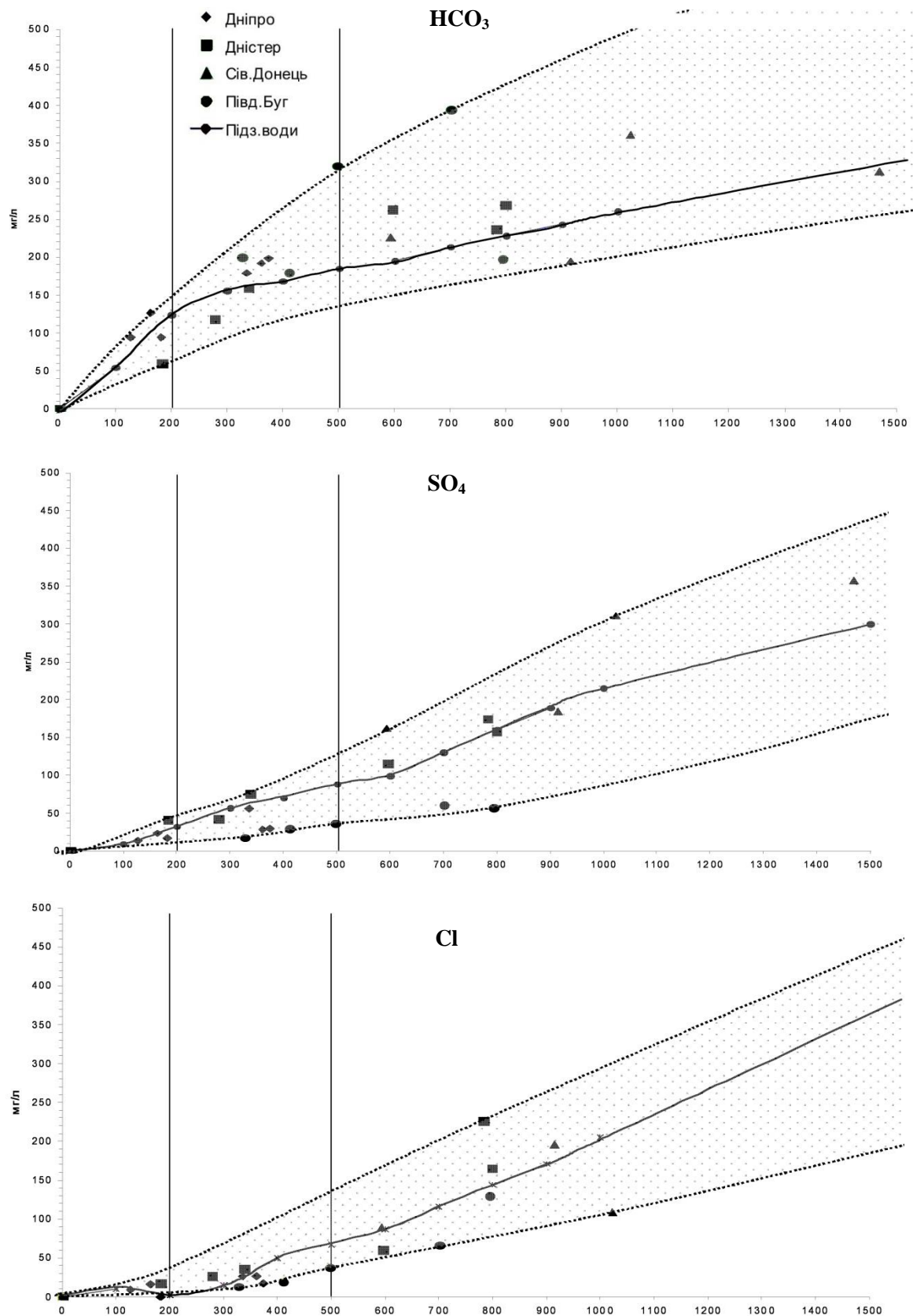


Рис. 3. Зміна аніонного складу води зони активного водобміну зі зростанням її мінералізації в басейнах стоку України у порівнянні з середньсвітовими показниками для підземних вод. Вертикальні лінії обмежують поле з найбільш придатною за мінералізацією для питних цілей водою – від 200 до 500 мг/дм³.

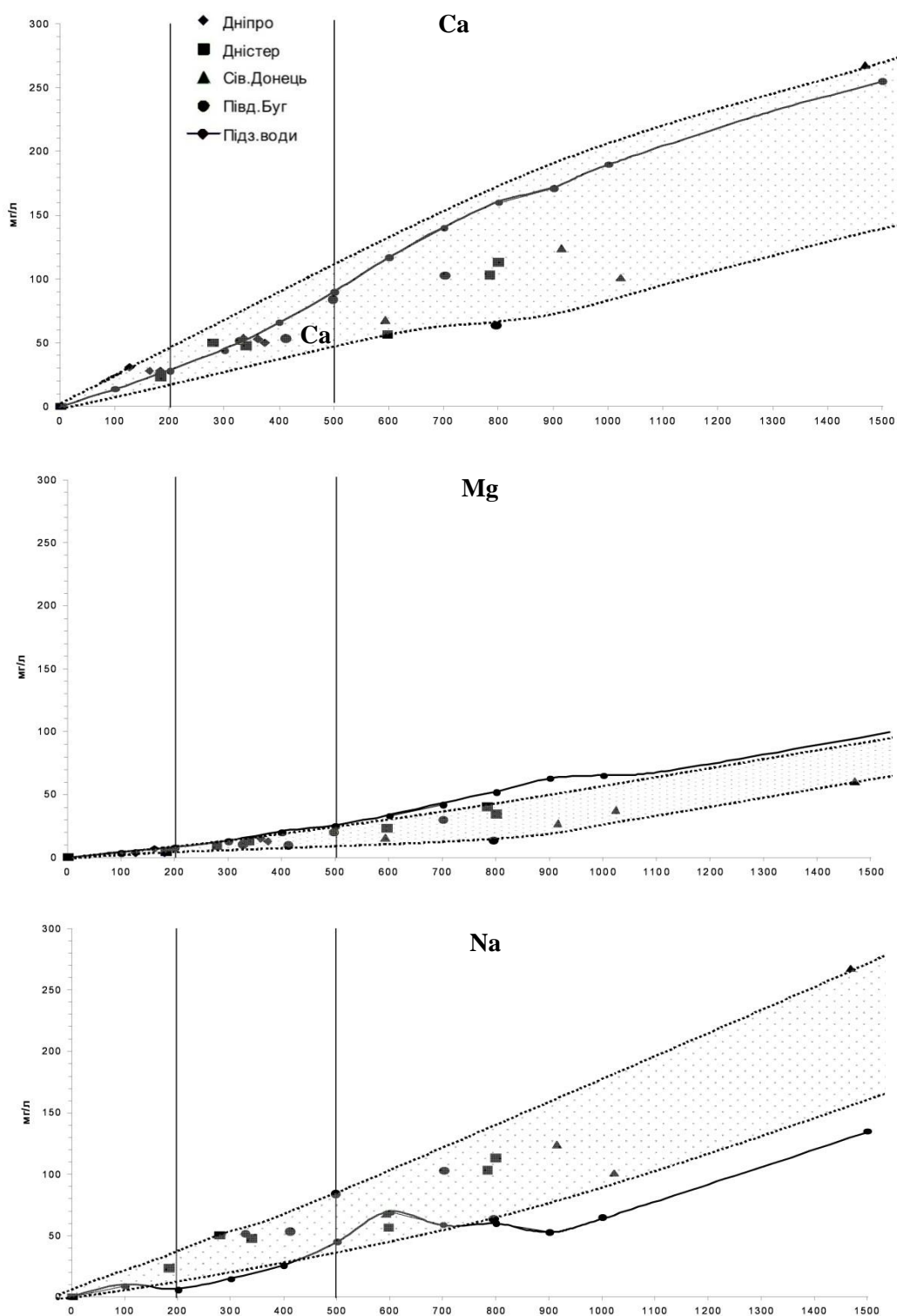


Рис. 4. Зміна катіонного складу води зони активного водообміну зі зростанням її мінералізації в басейнах стоку України у порівнянні з середньосвітовими показниками для підземних вод. Вертикальні лінії обмежують поле з найбільш придатною за мінералізацією для питних цілей водою – від 200 до 500 мг/дм³.

залежності від їх мінералізації (рис. 3,4).

Вище викладене дозволяє зробити висновок про наявність загальної закономірності формування хімічного складу природних вод земної суші у межах великих басейнів стоку. І більш звужено: води зони активного водообміну України формуються за тою ж закономірністю зрос-

тання вмісту розчинених сольових компонентів, що і води зони активного водообміну всієї суші.

Висновки

1. Запропоновано поняття «води зони активного водообміну суші» визначити як води, що стікають з континентів у світовий океан. Це дозволяє однозначно визначитися з їх кількістю і

складом. Аналогічно поняття «води зони активного водообміну ділянки суші» пропонується визначити як сумарний річковий стік з цієї ділянки, що об'єднує стік атмосферних, поверхневих і підземних вод.

2. Співставлення даних про склад природних вод з діючими нормативами щодо сольового складу питної води дозволяє визначити найбільш кондиційною поверхневу і підземну воду зони активного водообміну у діапазоні загальної мінералізації від 100 до 600 мг/дм³. З урахуванням пристосованості живих істот до води зони активного водообміну нормування вмісту мікроелементів також доцільно визначати з урахуванням їх природного вмісту у таких водах.

3. На основі даних багаторічних гідрологічних спостережень розрахований середньозважений (відносно маси стікаючої води) іонний склад води зони активного водообміну України визначає її як сульфатно-гідрокарбонатну зі змішаним катіонним складом воду з мінералізацією 0,45 г/дм³:

$$M_{0,45} \frac{HCO_3 53 SO_4 28 Cl 19}{Ca 48 Mg 26 Na+K 26}$$

4. На основі порівняння іонного складу води зони активного водообміну України і Світу зроблено висновок, що зміна сольового складу з ростом мінералізації у цих водах відбувається за однаковою закономірністю.

Література

1. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии [Текст]: сб. науч. тр. №13 / ВСЕГИНГЕО. – М.: Госгеолиздат, 1950. – 236 с.
2. Всевожский В.А. К теории вертикальной гидродинамической зональности артезианских бассейнов платформенного типа [Текст] / В.А. Всевожский // Вод. ресурсы. – 1974. – № 1. – С. 160–169.
3. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика [Текст] / Отв. ред. И.С. Зекцер. – Новосибирск: Наука. 1983. – 241 с.
4. Мироненко В.А. Динамика подземных вод [Текст] / В.А. Мироненко. – М.: Недра, 1983. – 347 с.
5. Zektser I.S. ed. Groundwater of the World: resources, use, prognoses [Текст] / I.S. Zektser ed. – Moscow: Nauka, 2007. – 438 s. – ISBN 978-5-02-034163-0.
6. Шестопалов В.М. О гидродинамической зональности и водообмене в гидрогеологических структурах [Текст] / В.М. Шестопалов // Геологический журнал, 2014. – №4 (349). – С. 9–26.
7. Зверев В.П. Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии [Текст] / В.П. Зверев. – М.: Научный мир. – 2011. – 260 с.
8. Экологическая геология Украины [Текст]: справ. пособие / Е.Ф. Шнюков, В.М. Шестопалов, Е.А. Яковлев и др. – К.: Наукова думка, 1993. – 407 с.
9. Шестаков В.М. Геогидрология [Текст] / В.М. Шестаков, С.П. Поздняков. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 176 с.
10. Стан підземних вод України, щорічник [Текст] / Сб. наук. пр. «Державна служба геології та надр України». Державне науково-виробниче підприємство «державний інформаційний геологічний фонд України». – Київ, 2011. – 120 с.
11. Яковлев В.В. Стратегічні запаси прісної води мергельно-крейдяного водотриву Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну [Текст] / В.В. Яковлев // Вісник харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія-Географія-Екологія». – №1033. – 2012. – С. 140–147.
12. Добровольский В.В. Химия Земли [Текст] / В.В. Добровольский. – М.: Просвещение, 1980. – 176 с.
13. Комарова М.В. Некоторые вопросы формирования химического состава грунтовых вод Украины [Текст] / М.В. Комарова, О.И. Сурдутович // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Украины. – Вып. 2. – К.: Будивельник, 1969. – С. 87–92.
14. Валяшко М.Г. Закономерности формирования месторождения солей [Текст] / М.Г. Валяшко – М., 1962. – 261 с.
15. Классификация минеральных вод Украины: Монография [Текст] / Под. ред. В.М. Шестопалова. – К.: Макком, 2003. – 121 с.
16. Бгатов. А.В. Биогенная классификация химических элементов [Текст] / А.В. Бгатов // Философия науки, №2(6). – 1999. – С. 5–17.
17. Белоусова А.П. Качество подземных вод [Текст] / А.П. Белоусова. Современные подходы к оценке. – М.: Наука, 2001. – 340 с.
18. Яковлев В.В. Некоторые направления совершенствования нормативов качества питьевой воды [Текст] / В.В. Яковлев // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – Вып. 93: Технические науки и архитектура. – К.: «Техніка», 2010. – С. 42–52.
19. Биосфера. Экология. Охрана природы: справочное пособие [Текст] / Под. ред. К.М. Сытника. – К.: Наук. думка, 1987. – 523 с.
20. Экологическая гидрогеология: учебник для вузов [Текст] / А.П. Белоусова, И.К. Гавич, А.Б. Лисенков, Е.В. Попов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 397 с. ISBN 978-5-94628-317-5.
21. Справочник по водным ресурсам [Текст] / Под ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 302 с.